

Conference Paper, Published Version

Heeling, Anne

Vom Aufschluss im Boden zum Baugrundmodell

Verfügbar unter/Available at: <https://hdl.handle.net/20.500.11970/105238>

Vorgeschlagene Zitierweise/Suggested citation:

Heeling, Anne (2017): Vom Aufschluss im Boden zum Baugrundmodell. In: Bundesanstalt für Wasserbau (Hg.): Bohrungen und Baugrund. Herausforderungen bei der Ausführung in der horizontalen und vertikalen Bohrtechnik. Karlsruhe: Bundesanstalt für Wasserbau. S. 105-110.

Standardnutzungsbedingungen/Terms of Use:

Die Dokumente in HENRY stehen unter der Creative Commons Lizenz CC BY 4.0, sofern keine abweichenden Nutzungsbedingungen getroffen wurden. Damit ist sowohl die kommerzielle Nutzung als auch das Teilen, die Weiterbearbeitung und Speicherung erlaubt. Das Verwenden und das Bearbeiten stehen unter der Bedingung der Namensnennung. Im Einzelfall kann eine restriktivere Lizenz gelten; dann gelten abweichend von den obigen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

Documents in HENRY are made available under the Creative Commons License CC BY 4.0, if no other license is applicable. Under CC BY 4.0 commercial use and sharing, remixing, transforming, and building upon the material of the work is permitted. In some cases a different, more restrictive license may apply; if applicable the terms of the restrictive license will be binding.





Vom Aufschluss im Boden zum Baugrundmodell

Dipl. Geol. Anne Heeling

Bundesanstalt für Wasserbau, Dienststelle Hamburg, Wedeler Landstr. 157, 22559 Hamburg
Telefon: (040) 81908-367, E-Mail: anne.heeling@baw.de

Zusammenfassung

Baugrundaufschlüsse können nur stichprobenartige Informationen über den Baugrund liefern. Die Aufgabe eines Geotechnischen Sachverständigen besteht deshalb darin, aus einer Vielzahl von Einzelinformationen ein Baugrundmodell zu erstellen, das dann die Grundlage für Planung, Bemessung und Bauausführung darstellt. Am Beispiel der Baugrunderkundung für die Levensauer Hochbrücke am NOK wird der Weg vom Aufschluss im Boden zum Baugrundmodell bei komplexen Baugrundverhältnissen erläutert.

1 Problemstellung

Die Auswertung und Beurteilung einer Baugrunderkundung erfolgt nach DIN EN 1997-2 „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds“ (EC7-2) von Oktober 2010 in Kombination mit der DIN EN 1997-1 „Teil 1: Allgemeine Regeln“ (September 2009), dem Nationalen Anhang DIN EN 1997-2/NA und der DIN 4020 „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2“ (Dezember 2010). Im Beuth-Verlag ist ein DIN-autorisiertes Handbuch erschienen, das die o.g. Normen zusammenfasst.

Nach DIN 4020, Abs. A7.3.1, sind als Ergebnis der Aufschlüsse und Untersuchungen *vereinfachte Berechnungsmodelle des Baugrunds auszuarbeiten ... Je nach den Baugrundverhältnissen, der geologischen Situation sowie Art und Größe der baulichen Anlage sind ein oder mehrere Baugrundprofile als Berechnungsprofile zu entwickeln ...* Die DIN EN 1997-1 erläutert darüber hinaus: [Die Kenntnis der Baugrundverhältnisse ist] „... im Allgemeinen wichtiger ... als die Genauigkeit der Rechenmodelle und Teilsicherheitsbeiwerte.“

Abweichend von den Forderungen der DIN 4020 beinhalten Geotechnische Berichte in der Praxis jedoch häufig anstelle eines in sich konsistenten Baugrundmodells nur Einzeldarstellungen von Feld- und Laborversuchsergebnissen in Form von Diagrammen und Listen. Nicht selten führt diese Form der separaten Ergebnispräsentation zu widersprüchlichen Aussagen innerhalb eines Geotechnischen Berichtes und verursacht technische Probleme während der Projektrealisierung mit Nachtragsforderungen und Streitigkeiten.

Sofern der Baugrund in solchen Geotechnischen Berichten überhaupt in Profilschnitten dargestellt wurde, sind diese oft unvollständig (kein durchgängiger Verlauf von Schichtgrenzen; keine einheitliche oder gar keine Benennung der Schichten) und erlauben so weder eine eindeutige Unterteilung des gesamten Baugrundes in Homogenbereiche noch eine zweifelsfreie Zuordnung von Bodenkenngrößen zum räumlichen Baugrund. Als Folge

liegen keine hinreichenden Bemessungsgrundlagen für die weiteren Planungen vor.

Ohne eine Berücksichtigung der regionalen geologischen Verhältnisse können zudem projektrelevante Baugrundeigenschaften (z.B. Steine) unerkannt bleiben, sofern sie in den stichprobenartigen Baugrundaufschlüssen zufällig nicht erkundet werden. Zu Recht resümierte bereits Terzaghi: *„Nahezu alle technischen Probleme, Unfälle und Fehlkalkulationen im Umfeld eines Projektes können letztendlich auf geologische Verhältnisse zurückgeführt werden, über die der Ingenieur gar nichts wusste oder über die er erst zu spät etwas gelernt hat.“* (Goodmann, 1999). Auch der EC7-2 fordert eine *„Darstellung aller verfügbaren geotechnischen Informationen einschließlich der geologischen Verhältnisse“*. In der Praxis wird diesem Anspruch im Geotechnischen Bericht häufig durch Sätze wie dem Folgenden Genüge getan: *„Regionalgeologisch gesehen liegt das Untersuchungsgebiet auf einer holozänen Niederterrasse des vereinigten Elbe-Havel-Urstromtales, welches ein Tal-sandgebiet des Brandenburger Stadiums der Weichselkaltzeit ist.“* Diese Information mag aus geologischer Sicht richtig oder falsch sein, für die erfolgreiche Durchführung eines Bauvorhabens ist sie in dieser Form ohne jede Relevanz.

Eine aussagekräftige Beschreibung des Untergrundes unter Berücksichtigung der geologischen Verhältnisse wäre hingegen ein Baugrundmodell bestehend aus

- einer geologisch sinnvollen Darstellung der Homogenbereiche in bauwerksrelevanten, maßstabsgerechten Profilschnitten (s.a. Bild 7),
- daraus abgeleiteten Bemessungsprofilen,
- einer Dokumentation und Interpretation der Ergebnisse von Feld- und Laborversuchen je Homogenbereich mit Beschreibung des „geotechnischen Potenzials“, d.h. sowohl der erkundeten als auch der aufgrund der geologischen Verhältnisse darüber hinaus zu erwartenden geotechnischen Eigenschaften, sowie
- einer eindeutigen Zuordnung von charakteristischen Bodenkenngrößen zu den einzelnen Homogenbereichen.

2 Ein „geologisch sinnvolles“ Baugrundmodell

Grundlage für ein Baugrundmodell sind Baugrundaufschlüsse (meist Bohrungen und Sondierungen), die bis in bauwerksrelevante Tiefen abgeteuft und geotechnisch angesprochen werden. Üblicherweise wird daraus ein Profilschnitt erstellt, indem nach geotechnischen Gesichtspunkten z.B. Kies-, Sand- und Schluff- und Ton-Lagen miteinander zu Homogenbereichen verbunden werden. Dieses Vorgehen ist nur bei einfachen Baugrundverhältnissen zielführend.

In einem Gebiet mit komplexen Lagerungsverhältnissen wird der Geotechnische Sachverständige bei diesem Vorgehen vor eine nahezu unlösbare Aufgabe gestellt. Wenn sich einzelne Lagen nur schwer über benachbarte Baugrundaufschlüsse verfolgen lassen, auskeilen oder stark in Höhenlage und Mächtigkeit schwanken, dann wird aufgrund der Vielzahl möglicher Schichtverläufe die Verbindung der Einzellagen allein aufgrund übereinstimmender geotechnischer Eigenschaften zu einer rein subjektiven Angelegenheit (s. Bild 1); das Ergebnis ist pure „Geophantasie“.

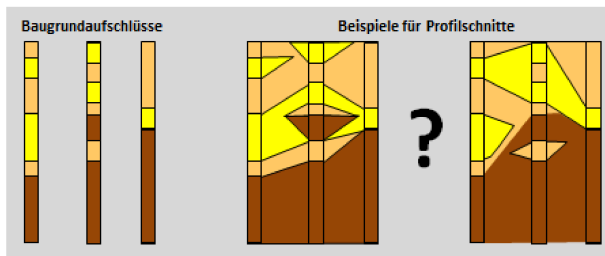


Bild 1: Problematische Erstellung von Baugrundprofilen in bei komplexen Lagerungsverhältnissen

Zielführend ist hingegen folgendes Vorgehen: Die Einzellagen werden zunächst anhand geologischer Kriterien (unter bewusster Nicht-Berücksichtigung geotechnischer Eigenschaften) zu Schichten gleichen Alters bzw. gleichen Ablagerungsmilieus zusammengefasst, wobei sich geologisch sinnvolle Lagerungsverhältnisse ergeben müssen. Erst in einem zweiten Schritt werden diese Schichten entsprechend ihrer geotechnischen Eigenschaften entweder weiter unterteilt oder zusammengefasst, so dass im Ergebnis ein geologisch sinnvolles Baugrundmodell mit Homogenbereichen vergleichbarer geotechnischer Eigenschaften vorliegt.

Was ist ein „geologisch sinnvolles“ Baugrundmodell? Für ein geologisch sinnvolles Baugrundmodell sind bei komplexen Lagerungsverhältnissen also folgende Problembereiche zu bearbeiten:

- die Zusammenfassung geologisch zusammengehöriger Einzelschichten mit dem Ziel der Vereinfachung der Schichtenfolge
- die Abbildung plausibler Lagerungsverhältnisse

- die Zusammenfassung bzw. Unterteilung der geologischen Schichten in geotechnische Homogenbereiche und die Beschreibung deren „geotechnischen Potenzials“

Zudem müssen folgende Kriterien erfüllt sein:

- Längs bauwerksrelevanter Schnittlinien reichen die Profile bis in bauwerksrelevante Tiefen.
- Profilschnitte müssen maßstabs- und höhenge-recht sein.
- Der Schichtenverlauf ist durchgängig darzustellen.
- Homogenbereiche sind im Schnitt eindeutig zu beschriften, und diese Benennung ist im gesamten Gutachten zu verwenden.
- Längs- und Querschnitte müssen in ihren Kreuzungspunkten widerspruchsfrei sein.
- Ein Tiefenbereich eines Baugrundaufschlusses muss in allen Profilen sowie in textlichen und tabellarischen Beschreibungen des Geotechnischen Berichtes gleich interpretiert werden (z.B. darf die gleiche Sandschicht nicht in einem Profilschnitt als „Holozäner Sand“ und in einem anderen als „pleistozäner Sand“ bezeichnet werden).

2.1 Vereinfachung der Schichtenfolge

Die Vereinfachung der Schichtenfolge durch Zusammenfassen von Einzelschichten zu geologischen Schichtpaketen soll im Folgenden am Beispiel der Baugrunderkundung für den geplanten Neubau der westlichen Levensauer Hochbrücke (s. Bild 2) am Nord-Ostsee-Kanal bei Kiel beschrieben werden.



Bild 2: Die Levensauer Hochbrücken am NOK (im Vordergrund: westliche Hochbrücke; Foto: WSA Kiel-Holtenau / PIAusNOK)

Die westliche **Hochbrücke Levensau** – eine kombinierte Straßen- und Eisenbahnbrücke – quert mit einer Länge von ca. 180 m den NOK bei Kanal-km 93,491. Erbaut in den Jahren 1893/94 handelt es sich um die älteste noch existierende Brücke über den NOK. Die seitens der PLANUNGSGRUPPE FÜR DEN AUSBAU DES NORD-OSTSEE-KANAL (PIAusNOK) geplante Verbreiterung und Vertiefung des Kanals erfordert den Ersatzneubau der Brücke.

Die geologischen Verhältnisse im Kieler Raum sind typisch für das eiszeitlich geprägte Norddeutschland. Als tiefste und älteste Schicht wurde hier der dunkelbraune Glimmerton aus dem Miozän (Tertiär) mit von Süden nach Norden von ca. -14 mNHN auf unter -40 mNHN abfallender Oberfläche erkundet. Den Hauptteil des Baugrundes bilden jedoch quartäre Schichten aus dem jüngsten Pleistozän.

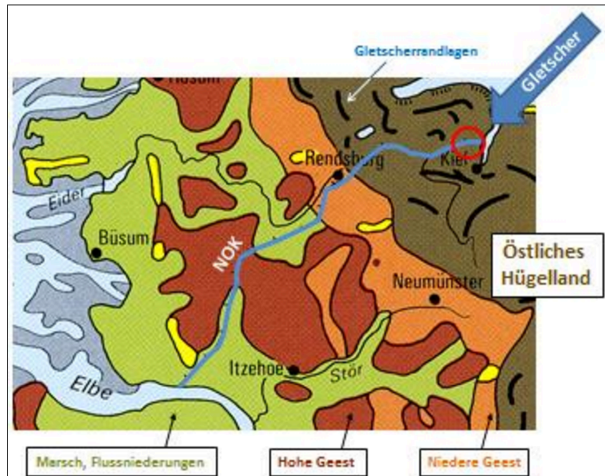


Bild 3: Die Landschaften am Nord-Ostsee-Kanal
(Kartengrundlage: Schmidtke, 1995)

Bild 3 zeigt die Landschaften, die der Nord-Ostsee-Kanal quert. Die Levensauer Hochbrücke (roter Kreis) liegt im Bereich des „Östlichen Hügellandes“, das im Randbereich der Gletscher während der jüngsten nord-deutschen Vereisung – der Weichsel-Eiszeit – entstanden ist. Die schwarzen Linien in Bild 3 im Bereich des Östlichen Hügellandes stehen schematisch für verschiedene ehemalige Gletscherrandlagen.

Der Osten Schleswig-Holsteins wurde während der Weichseleiszeit also nicht in einem einzelnen Vorstoß von Gletschern überfahren, sondern es handelte sich um einen Jahrtausende währenden Wechsel von Gletscher-Vorstößen und -Rückzügen.

Was geschieht während eines Gletschervorstoßes?

1. Der Gletscher erodiert ältere Schichten.
2. Der Gletscher deformiert beim Vorrücken wie ein Bulldozer die vorhandenen Schichten („Glazialtektonik“, s. Bild 4).

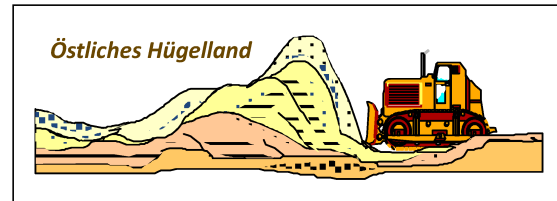


Bild 4: Glazialtektonik:
Ein Gletscher deformiert den Untergrund

3. Der Gletscher lagert Sedimente ab. Die Gesamtheit der zu einem Gletschervorstoß gehörigen Sedimente und Strukturen nennt man eine „glaziale Serie“ (s. Bilder 5 und 6):

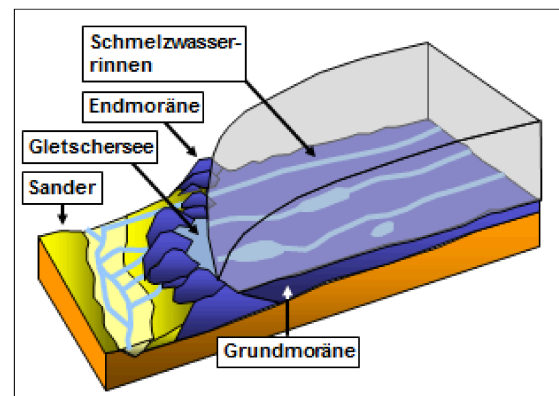


Bild 5: Glaziale Serie

Ablagerungsmilieu Gletscher: „glazial“

Als „Geschiebemergel“ oder „Moräne“ wird das vom Eis „schwimmend“ transportierte Material bezeichnet. Der Geschiebemergel ist das zentrale Element einer glazialen Serie. In einer ungeschichteten Matrix aus Ton, Schluff und Sand („Mergel“) befinden sich Gesteinsbruchstücke („Geschiebe“), die i.d.R. zur Kies- oder Steinfraktion gehören. Geschiebemergel tritt entweder flächig auf („Grundmoräne“) oder als Höhenzug vor der Gletscherfront („Endmoräne“).

Ablagerungsmilieu Schmelzwasserfluss: „glazifluviatil“

Durch die Reibungswärme an der Gletscherbasis schmilzt das Eis. Das Schmelzwasser sammelt sich in Rinnen unterhalb des Gletschers, fließt wie das Gletschereis bergab – nur schneller – und tritt schließlich durch ein Gletschertor an der Gletscherfront aus. In diesem energiereichen Milieu wird gröberes Material („Schmelzwassersediment“: Sand und Kies) transportiert und unter dem Gletschereis in Rinnen (Schmelzwasserlinsen innerhalb des Geschiebemergels) oder vor dem Gletscher flächig als sog. „Sander“ sedimentiert.

Ablagerungsmilieu Schmelzwassersee: „glazilimnisch“

Der Gletscher schürft Hohlformen aus. Nach dem Rückzug des Eises kann hier ein Stillwassersee entstehen, in dem sich „Beckensedimente“, d.h. Feinsand, Schluff und Ton, ablagern, oft in Wechsellagerung und/oder lateral ineinander übergehend.



Bild 6: Die Böden der glazialen Serie: Geschiebemergel, Schmelzwasser- und Beckensedimente

Für das Gebiet westlich von Kiel bedeutet dies: Bei mehreren Gletschervorstößen wurde jedes Mal der Untergrund erodiert, deformiert und Sedimente der glazialen Serie abgelagert. In solch einem Gebiet sind keine einfachen Baugrundverhältnisse zu erwarten.

Folgendes Vorgehen bietet sich an: Zunächst werden Schichtpakete anhand des Ablagerungsmilieus zusammengefasst.

- Glaziale Schichten: Geschiebemergel mit Linsen aus Schmelzwassersand und -kies
- Glazifluviatile Schichten: Lagen aus Schmelzwassersand und -kies
- Glazilimnische Schichten: Beckenton, -schluff und -sand

Aus der geologischen Wildnis wird eine zwar komplexe, aber überschaubare Abfolge geologischer Schichtpakete – die Grundstruktur des Baugrundes wird erstmals sichtbar. Sofern es die Lagerungsverhältnisse erlauben, können anschließend innerhalb dieser Strukturen weitere unterschiedliche geotechnische Homogenbereiche unterschieden werden: z.B. werden glazilimnische Schichten in einen relativ homogenen, überwiegend nichtbindigen Bereich „Feinsand“ und einen Bereich mit kleinräumiger Wechsellagerung bindiger und nichtbindiger Schichten „Beckensedimente“ unterteilt. Bild 7 zeigt das so entstandene geotechnische Profil.

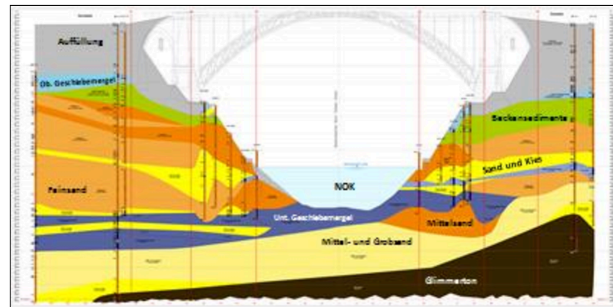


Bild 7: Profilschnitt Levensauer Hochbrücke (BAW, 2013)

Die im Profilschnitt dargestellten geotechnischen Schichten stellen die im Geotechnischen Bericht zu beschreibenden Einheiten dar.

Aber sind die Schichtenverläufe im Profilschnitt auch plausibel, d.h. geologisch sinnvoll, dargestellt?

2.2 Plausible Lagerungsverhältnisse

Die Grundlage für ein geologisch sinnvolles Baugrundmodell ist die Beachtung stratigraphischer Regeln. Dabei gilt auch in der Geologie: Ausnahmen bestätigen die Regel, d.h. es sind Szenarien denkbar, die zu Lagerungsverhältnissen führen, die von den im Folgenden beispielhaft beschriebenen Prinzipien abweichen.

Die Stratigraphie (von lateinisch stratum: „Schicht“ und griechisch gráphein: „schreiben“) ist eine Teilwissenschaft der Geologie, die das Ziel verfolgt, geologische Ereignisse zeitlich zu ordnen. Mögliche stratigraphische Aussagen sind „Schicht A wurde vor einer Millionen Jahren abgelagert.“, „Schicht A stammt aus dem Quartär“ (beides absolute Altersbestimmungen) oder „Schicht A ist älter als Schicht B“ (relative Altersbestimmung). Eine relative Altersbestimmung erfolgt z.B. anhand der Lagerungsverhältnisse. Umgekehrt – und hier wird es interessant für das Baugrundmodell – kann in Kenntnis der regionalen Geologie und damit des relativen Alters der angetroffenen Schichten ein geologisch sinnvoller Schichtenverlauf konstruiert werden:

Das Prinzip der Superposition: Jüngere Schichten liegen oben, ältere unten.

In zwei benachbarten Bohrungen werden unterschiedliche Schichten angetroffen. In Kenntnis der regionalen geologischen Verhältnisse kann aus dem relativen Alter der beiden Schichten auf geologisch sinnvolle Schichtenverläufe geschlossen werden: die zuerst abgelagerte, ältere Schicht wird von der jüngeren überlagert (Bild 8). Mehr noch: ist z.B. bekannt, dass Schicht A älter ist als Schicht B, so kann unterhalb von Schicht B (und unterhalb der Aufschlussentiefe) die ältere Schicht A auftreten, nicht aber die jüngere Schicht B unter Schicht A.

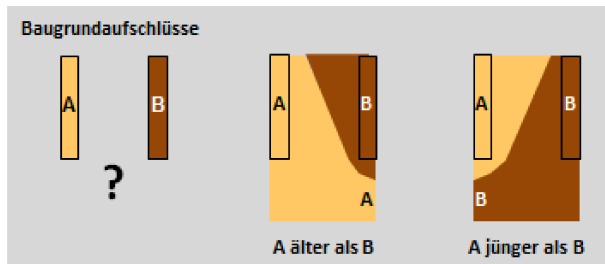


Bild 8: Das Prinzip der Superposition: Jüngere Schichten liegen oben, ältere unten

Das Prinzip des Einschlusses. Ein Einschluss ist gleichaltrig oder älter als die umgebende Struktur. Jüngeres Material (hellbraun in Bild 9) kommt nicht als Einschluss innerhalb einer älteren Schicht (braun) vor, da es bei der Ablagerung der älteren Schicht noch nicht existierte.

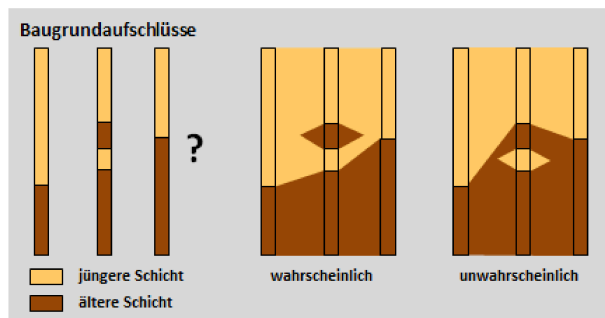


Bild 9: Das Prinzip des Einschlusses: Ein Einschluss ist gleichaltrig oder älter als die umgebende Struktur

Das Prinzip der durchschnittenen Schichten. Jüngere Strukturen durchschneiden ältere. Eine ältere Schicht wird bei ihrer Ablagerung nicht durch eine jüngere (die zu diesem Zeitpunkt noch nicht existiert) beeinflusst; jüngere Schichten (Auffüllung in Bild 10) durchschneiden hingegen ältere.

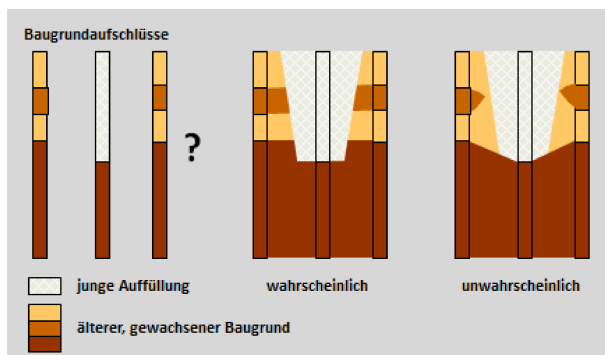


Bild 10: Das Prinzip der durchschnittenen Schichten: Jüngere Strukturen durchschneiden ältere

Das Prinzip der ursprünglichen Horizontalität. Natürliche Ablagerungsräume führen zur Entstehung etwa horizontal verlaufender Schichten.

Sofern (z.B. in Folge tektonischer Vorgänge) nach der Ablagerung keine Verstellung oder Auffaltung erfolgt, werden die Schichten auch später im Baugrund horizontal oder leicht schräg gestellt anzutreffen sein. Einzelschichten, die sich im Profilschnitt durch den Baugrund „schlängeln“, sind deshalb in tektonisch unbeeinflussten Gebieten unwahrscheinlich (Bild 11).

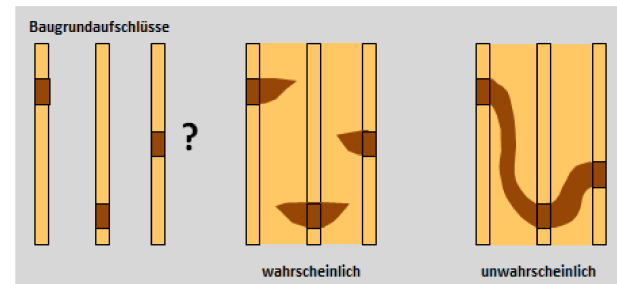


Bild 11: Das Prinzip der ursprünglichen Horizontalität

2.3 Geotechnisches Potenzial der Homogenbereiche

Mit Fertigstellung der Profilschnitte ist der Baugrund in geotechnisch aussagekräftige Homogenbereiche unterteilt, die Lagerungsverhältnisse sind plausibilisiert, und die Baugrundaufschlüsse sind nach DIN 4023 dargestellt.

Nun ist das Baugrundmodell im Geotechnischen Bericht zu beschreiben. Den roten Faden bildet dabei der Homogenbereich wie er im Profil dargestellt und benannt ist. Neben der zusammenfassenden Darstellung, Beschreibung und Interpretation der Ergebnisse von Feld- und Laborversuchen im Sinne der DIN EN ISO 14688-1 und -2 sowie der Angabe von charakteristischen Bodenkenngrößen sollte zusätzlich auch das „geotechnische Potenzial“ der einzelnen Homogenbereiche beschrieben werden.

Damit ist gemeint: Mit welchen geotechnisch relevanten Eigenschaften ist bei einem Homogenbereich – in Kenntnis der Ablagerungsverhältnisse – über die im Baugrundaufschluss direkt beobachteten Ausprägungen hinaus zu rechnen? Beispielhaft sei hier das geotechnische Potenzial der Böden der glazialen Serie beschrieben:

In einem **Geschiebemergel** ist allgemein mit Steinen und Blöcken (die einzeln, lagenweise oder in Nestern auftreten können) sowie mit linsenförmigen Einlagerungen aus Schmelzwassersedimenten zu rechnen. Liegt ein Geschiebemergel nach dem Abschmelzen des Gletschereises frei, so kann der mergelige Anteil (Ton, Schluff und Sand) vom Wasser erodiert oder vom Wind ausgeweht werden; zurück bleibt eine Kies- und Steinlage („Residualschicht“, „Erosionshorizont“). Hinweise für Steine sind z.B. hindernisbedingt abgebrochene Baugrundaufschlüsse. In Abhängigkeit von der regionalen Geologie ist zudem mit Einschlüssen (auch in Form



von großen Schollen) von älterem Material – wie z.B. tertiären Tonen – zu rechnen.

In den **Schmelzwassersedimenten** herrschen meist Mittel- und Grobsande vor. Es ist aber stets auch mit größeren Komponenten wie Kiesen und Steinen zu rechnen (bzw. mit Residualschichten aus Steinen und Blöcken, s.o.), nicht aber mit bindigen Einlagerungen.

Zu den **Beckensedimenten** gehören bindige Sedimente und Feinsande. Selbst wenn nur Sande erbohrt wurden, muss auch mit Schluff- und Ton-Lagen gerechnet werden – und umgekehrt. Das Auftreten von Steinen und Blöcken ist hingegen unwahrscheinlich.

2.4 Homogenbereiche: Der rote Faden im Baugrundmodell

Der Geotechnische Bericht stellt in seiner Gesamtheit die Beschreibung des Baugrundmodells mit seinen Homogenbereichen dar. In der Praxis kann es jedoch vorkommen, dass die Homogenbereiche im Baugrundgutachten unzureichend oder widersprüchlich beschrieben werden. Dies kann in der weiteren Projektbearbeitung zu Fehlplanungen führen, deren Folgekosten in keinem Verhältnis zum höheren Aufwand einer fachgerechten Bearbeitung stehen.

Deshalb ist es im Zweifelsfall erforderlich, ein vorliegendes Baugrundmodell daraufhin zu überprüfen, ob es bzgl. der Fragestellung ausreichend, in sich plausibel und geologisch sinnvoll ist.

3 Baugrundrisiko

Trotz umfänglicher Baugrunderkundung und sorgfältiger Auswertung können projektrelevante Baugrundeigenschaften unerkannt bleiben.

Ein Beispiel sind die sog. „Dropstones“. Dabei handelt es sich um Steine, die – eingeschlossen in den Eisbergen eines kalbenden Gletschers – in einen glazialen See und damit in die typischerweise steinfreien Beckensedimente gelangt sind.

Nach DIN 4020, Abs. A1.5.3.17, handelt es sich bei solchen Phänomenen um ein „*unvermeidbares Restrisiko*“. Aus diesem „*Baugrundrisiko*“ resultierende Kosten gehen zu Lasten des Bauherren.

Literatur, Normen und Merkblätter

BAW (2013): Ersatzneubau der Hochbrücke Levensau. Nord-Ostsee-Kanal, NOK-km 93,491. Geotechnischer Bericht. Auftragsnr. A39550110286, Hamburg, 15.03.2013

DIN EN 1997–2 (10 / 2010): Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds

DIN EN 1997–2/NA (12 / 2010): Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 7: Entwurf Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds.

DIN 4020 (12 / 2010): Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997–2.

DIN EN ISO 14 688–1 (12 / 2013): Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden. Teil 1: Benennung und Beschreibung.

DIN EN ISO 14 688–2 (12 / 2013): Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden. Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen.

DIN EN ISO 14 689–1 (06 / 2011): Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels. Teil 1: Benennung und Beschreibung.

DIN 4023 (02 / 2006): Geotechnische Erkundung und Untersuchung. Zeichnerische Darstellung der Ergebnisse von Bohrungen und sonstigen Aufschlüssen.

HEELING, A.: Vom Aufschluss zum Baugrundmodell. bbr 10/2011, S. 32 - 37

SCHMIDTKE, K.-D. (1995): Die Entstehung Schleswig-Holsteins. 3. Auflage, Wachholtz Verlag, Neumünster

TERZAGHI, K.: Mein Lebensweg. Unveröffentlicht. Zitiert in E. GOODMAN (1999): Karl Terzaghi, The Engineer as Artist. ASCE Press, Reston, Virginia